

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-037235

(43)Date of publication of application : 05.02.2004

(51)Int.Cl.

G01N 27/18

B60L 11/18

H01M 8/04

(21)Application number : 2002-194316

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 03.07.2002

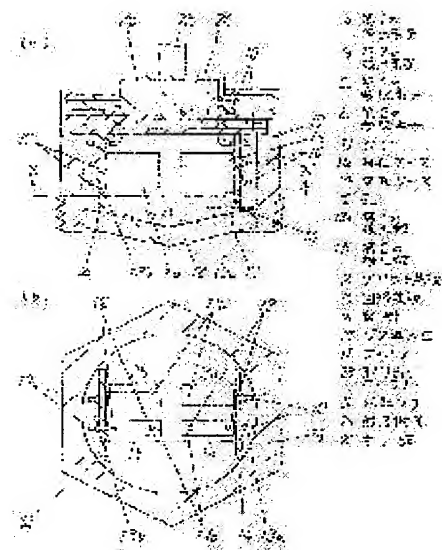
(72)Inventor : SHOJI MASATO  
KATSUKI NOBUHARU

## (54) GAS SENSOR, AND FUEL CELL SYSTEM AND CAR USING THE SAME

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a gas sensor for detecting the amount of hydrogen without being affected by the influence of vapor under environment where hydrogen and the vapor coexist.

SOLUTION: The gas sensor comprises a first reference element 2a where a first thermistor 7a is sealed into a first nonporous case 11b with dry air; a first detection element 1a where the second thermistor 7a is put into a first perforated case 11a; a second reference element 2b where the third thermistor 7b that has nearly the same temperature - resistance characteristics and different moisture absorption characteristics as compared with the first thermistor 7a is sealed into the second nonporous case 11b nearly in the same shape as the first nonporous case 11b; and a second detection element 1b where the fourth thermistor 7b is put into a perforated case 11a nearly in the same shape as the first perforated case 11a. A first bridge circuit comprises the first reference element 2a and the first detection element 1a, a second bridge circuit comprises the second reference element 2b and the second detection element 1b, and hydrogen concentration is obtained from the differential output of the bridge circuits.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-37235

(P2004-37235A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G01N 27/18

B60L 11/18

H01M 8/04

F1

G01N 27/18

B60L 11/18

H01M 8/04

テーマコード (参考)

2G060

5H027

5H115

審査請求 未請求 請求項の数 26 OL (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2002-194316 (P2002-194316)  
(22) 出願日 平成14年7月3日 (2002.7.3)(71) 出願人 000005821  
松下電器産業株式会社  
大阪府門真市大字門真1006番地  
(74) 代理人 100097445  
弁理士 岩橋 文雄  
(74) 代理人 100103355  
弁理士 坂口 智康  
(74) 代理人 100109667  
弁理士 内藤 浩樹  
(72) 発明者 東海林 理人  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下  
電器産業株式会社内  
(72) 発明者 香月 暢晴  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下  
電器産業株式会社内

最終頁に続く

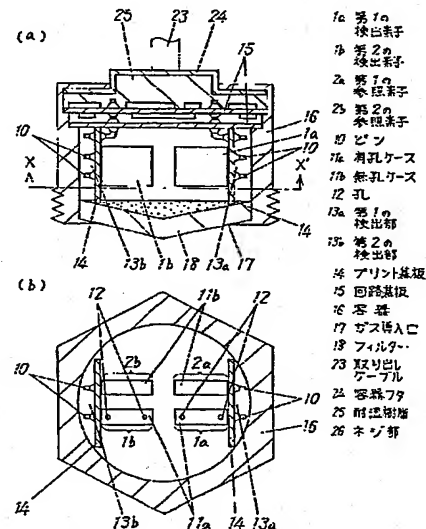
(54) 【発明の名称】 ガスセンサおよびそれを用いた燃料電池システムと自動車

## (57) 【要約】

【課題】 水素と水蒸気が共存した環境下にて水蒸気の影響を受けることなく水素量を検出できるガスセンサを提供することを目的とする。

【解決手段】 第1のサーミスタ7aを乾燥空気と共に第1の無孔ケース11bに密閉した第1の参照素子2aと、第2のサーミスタ7aを第1の有孔ケース11aに入れた第1の検出素子1aと、第1のサーミスタ7aと温度一抵抗値特性が略同じで吸湿特性のみが異なる第3のサーミスタ7bを第1の無孔ケース11bと略同じ形状の第2の無孔ケース11bに乾燥空気と共に密閉した第2の参照素子2bと、第4のサーミスタ7bを第1の有孔ケース11aと略同じ形状の第2の有孔ケース11aに入れた第2の検出素子1bを有し、第1の参照素子2aと第1の検出素子1aで第1のブリッジ回路、第2の参照素子2bと第2の検出素子1bで第2のブリッジ回路を構成し、これらブリッジ回路の差動出力から水素濃度を求める。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 のサーミスタを乾燥空気とともに第 1 の無孔ケースに密閉した第 1 の参照素子と、第 2 のサーミスタを第 1 の有孔ケースに入れた第 1 の検出素子と、前記第 1 のサーミスタと温度－抵抗値特性が略同じで吸湿特性のみが異なる第 3 のサーミスタを前記第 1 の無孔ケースと略同じ形状の第 2 の無孔ケースに乾燥空気とともに密閉した第 2 の参照素子と、第 4 のサーミスタを前記第 1 の有孔ケースと略同じ形状の第 2 の有孔ケースに入れた第 2 の検出素子を有し、前記第 1 の参照素子と前記第 1 の検出素子を用いて第 1 のブリッジ回路を構成し、前記第 2 の参照素子と前記第 2 の検出素子を用いて第 2 のブリッジ回路を構成し、これら第 1、第 2 のブリッジ回路の差動出力からガス濃度を電気的に出力するガスセンサ。

10

## 【請求項 2】

第 1、第 2 のサーミスタの形状と第 3、第 4 のサーミスタの形状とが異なる請求項 1 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 3】

第 1～第 4 のサーミスタはコーティング材を有し、第 1、第 2 のサーミスタのコーティング材と第 3、第 4 のサーミスタのコーティング材の比表面積が異なる請求項 1 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 4】

無機材料をサーミスタのコーティング材として用いる請求項 3 に記載のガスセンサ。

20

## 【請求項 5】

無機材料は多孔質である請求項 4 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 6】

第 1～第 4 のサーミスタのコーティング材はガラスよりなり、第 1、第 2 のサーミスタへのガラスコーティングの厚みと、第 3、第 4 のサーミスタへのガラスコーティングの厚みが異なる請求項 1 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 7】

第 1、第 2 の検出素子と第 1、第 2 の参照素子を同一容器内に対向させて配置する請求項 1 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 8】

30

第 1、第 2 の検出素子および第 1、第 2 の参照素子はこれらの断面長手方向が容器のガス導入口に対し垂直方向に配されている請求項 7 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 9】

ガス導入口には焼結金属製フィルターが設けられた請求項 8 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 10】

焼結金属製のフィルターは開いた傘の形状であり、その頂点が容器外部に突出するように配された請求項 9 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 11】

焼結金属製のフィルターおよびケースは親水処理が施された請求項 9 に記載のガスセンサ。

40

## 【請求項 12】

親水処理として酸処理をした請求項 11 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 13】

親水処理として酸化チタン層を設けた請求項 11 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 14】

酸化チタン層はアナターゼ型結晶構造を有する請求項 13 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 15】

酸化チタン層の膜厚は 0.1  $\mu\text{m}$  以上 1  $\mu\text{m}$  以下である請求項 13 に記載のガスセンサ。

## 【請求項 16】

チタン含有有機錯体溶液を加圧して焼結金属製のフィルターに含浸させてこの焼結金属製

50

のフィルターに酸化チタン層を設けた請求項 13 に記載のガスセンサ。

【請求項 17】

あらかじめ求めた 2 組の検出素子と参照素子それぞれの乾燥空気中の水素濃度依存出力と、空気中の湿度依存出力とから加湿空気中の水素濃度および湿度を求める請求項 1 に記載のガスセンサ。

【請求項 18】

加湿空気中の水素濃度と湿度は、各検出素子と各参照素子の乾燥空気中の水素濃度依存出力および空気中の湿度依存性出力をそれぞれ 3 次式で近似した時の両者の定数項を除く和と、加湿空気中の水素濃度依存出力の定数項との和で表される 3 次方程式を各検出素子と各参照素子について求め、両者の連立方程式の解として得る請求項 17 に記載のガスセンサ。

10

【請求項 19】

連立方程式の解は、検出水素濃度範囲と検出湿度範囲における温度ごとにあらかじめ求めた各検出素子と各参照素子の 3 次方程式の計算結果表を参照して各ブリッジ回路の差動出力が前記計算結果表と最も近接する場合の水素濃度および湿度として求める請求項 18 に記載のガスセンサ。

【請求項 20】

第 1、第 2 のブリッジ回路の各々の差動出力と計算結果の最も近接する状態は、これら第 1、第 2 のブリッジ回路についてそれぞれ差動出力と計算結果の差の絶対値を求め、両者の和が最小となる状態とした請求項 19 に記載のガスセンサ。

20

【請求項 21】

計算結果表は検出水素濃度範囲および検出湿度範囲をそれぞれ少なくとも 100 等分以上に分割して求める請求項 19 に記載のガスセンサ。

【請求項 22】

温度は各々の参照素子の平均抵抗値から求める請求項 19 に記載のガスセンサ。

【請求項 23】

請求項 8 から 22 のいずれか 1 つに記載のガスセンサのガス導入口が地面の方向を向くように配した燃料電池システム。

【請求項 24】

ガスセンサのガス導入口を配管本流より上方に配した請求項 23 に記載の燃料電池システム。

30

【請求項 25】

燃料電池を収納した筐体の一部または燃料電池のスタックの空気極側出口配管の一部に請求項 1 から 22 のいずれかに記載のガスセンサを設け、前記燃料電池からの水素漏洩を前記ガスセンサで検知し、警報を発するとともに前記筐体内の換気を行い、前記燃料電池の発電を停止するように制御する燃料電池システム。

【請求項 26】

請求項 1 から 22 のいずれかに記載のガスセンサが、乗車空間の上部に配され、前記ガスセンサの湿度出力および温度出力を基に前記乗車空間が最適な温湿度になるよう前記乗車空間に設けたエアコンを制御するとともに、前記ガスセンサを用い前記乗車空間内の水素濃度が既定値以上であれば警報を発し、前記乗車空間内の換気を行い水素供給源からの水素供給を遮断するよう制御する自動車。

40

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、水素漏洩および湿度を検出するガスセンサおよびそれを用いた燃料電池システムと自動車に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、水素と空気中の酸素との反応から電力を取り出す燃料電池の開発が盛んに行われて

50

いる。これは水素と酸素の反応による排出物が水のみで電力を得ることができる環境に優しい発電方式であり、原理的に取り出せる電力エネルギーの効率が低い。また、発電時に発生する熱も利用することができるといった特徴を有しており、地球規模でのエネルギー、環境問題解決の切り札として期待されている。このような燃料電池システムは家庭用コジェネレーションシステムや自動車への応用が研究開発されてきており、今までの化石燃料を用いた火力発電やガソリンエンジンに置き換わるものとして今後ますます進展していくものと考えられる。

#### 【0003】

##### 【発明が解決しようとする課題】

燃料電池は水素を燃料に用いるため、その安全対策が重要であり、安全対策として水素が漏洩したことを検出する水素センサが必要となる。 10

#### 【0004】

このような水素センサとして、水素の熱伝導率が他のガスに比べ極めて大きいことを利用し、水素を含むガスや空気さらさらされた発熱素子の温度変化で水素濃度を検出する原理のものが従来から提案されていた。例えば空気中で熱平衡に達した発熱素子に水素が到達すると、素子から奪われる熱量が変化し熱平衡が崩れるため、発熱素子の温度が水素濃度に応じて変化し、この温度変化を温度検出素子で電気的に検出するものである。

#### 【0005】

この水素センサに使用される発熱素子および温度検出素子として、従来は白金測温体がいわれてきた。白金は金属の中では比抵抗が高く電流を流すと自己発熱し、白金の抵抗温度係数も金属の中では大きいので、白金測温体では水素温度に応じた温度変化を抵抗値変化として検出することができる。しかしながら被検出ガス中に湿気、すなわち水蒸気が存在した場合は問題となる。 20

#### 【0006】

白金の抵抗値は水素濃度に応じて変化するが、空気中の水蒸気によっても抵抗値が変化してしまうので、水素による変化なのか水蒸気による変化なのかあるいは両者が共存して変化したのかを区別することができない。特に水素漏洩検知のように水素に比べ水蒸気が多量に存在する場合の水素の検出は、水蒸気の影響を無視できなくなる。

#### 【0007】

本発明は水素と水蒸気が共存した環境下において、水蒸気の影響を実質的に受けることなく水素量を検出できるガスセンサを提供することを目的とする。 30

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

この目的を達成するため本発明は、第1のサーミスタを乾燥空気とともに第1のケースに密閉した第1の参照素子と、第2のサーミスタを第1の有孔ケースに入れた第1の検出素子と、前記第1のサーミスタと温度-抵抗値特性が略同じで吸湿特性のみが異なる第3のサーミスタを前記第1のケースと略同じ形状の第2のケースに乾燥空気とともに密閉した第2の参照素子と、第4のサーミスタを前記第1の有孔ケースと略同じ形状の第2の有孔ケースに入れた第2の検出素子を有し、前記第1の参照素子と前記第1の検出素子を用いて第1のブリッジ回路を構成し、前記第2の参照素子と前記第2の検出素子を用いて第2のブリッジ回路を構成し、これら第1、第2のブリッジ回路の差動出力からガス濃度を電気的に出力するものである。このように温度-抵抗値特性は略同一で、吸湿特性のみが異なる2つの検出素子を用いることにより、水蒸気が存在した場合、一方の検出素子には水蒸気が吸着しサーミスタ近傍の熱放散が変化し、結果として両検出素子の熱伝導は異なる特性を示す。この特性の差を計算することにより被検出ガス中の水蒸気の影響を実質的に受けずに水素量を検出することができる。 40

#### 【0009】

##### 【発明の実施の形態】

##### (実施の形態)

以下、本発明の一実施の形態を添付図面に従って説明する。

## 【0010】

図1(a)は本発明の実施の形態におけるガスセンサの概略断面図であり、図1(b)は図1(a)のX-X'断面矢視図を示す。

## 【0011】

図1(b)において、第1の検出素子1a、第2の検出素子1b、第1の参照素子2a、第2の参照素子2b各々の内部にはサーミスタが配置されている。図2(a)はコーティング層なしのサーミスタ7a、図2(b)はコーティング層ありのサーミスタ7bをそれぞれ示し、サーミスタ素子3はマンガン、コバルト、銅、バナジウムからなる複合酸化物焼結体を直径1.2mm、厚さ0.2mmの円板状に切削加工したものでB定数は2300Kである。サーミスタ素子3の両面には、銀-パラジウム-白金系の導電ペーストを印刷、焼成することにより電極4が形成されている。電極4の両側には前記導電ペーストで電気的、機械的に接続された直径0.15mmの白金線のリード線5が配されている。サーミスタ素子3は電極4、リード線5の一部を含むように低融点のガラス層6で覆われている。このガラス層6はガラス粉を有機溶剤とともにペースト化したものを塗布し、約550℃で焼成することにより形成している。

10

## 【0012】

図2(b)のサーミスタ7bは、さらにガラス層6の全表面およびリード線5の一部を含むようにアルミナ系の無機接着剤(商品名「スミセラム」、朝日化学工業(株))を塗布、硬化させたコーティング層8に覆われている。

## 【0013】

サーミスタ7a、7bは図3に示すように、台座9にガラスハーメチックにて固定されたピン10にリード線5を抵抗溶接(図中×印で示した)することにより電気的、機械的に接続される。台座9には有孔ケース11a、無孔ケース11bが被せられプロジェクション溶接により接合される。有孔ケース11aが被せられたサーミスタ7a、7bは被検出ガスが導入されるので検出素子を、無孔ケース11bが被せられたサーミスタ7a、7bは被検出ガスが導入されないので参照素子を構成する。

20

## 【0014】

コーティング層のないサーミスタ7a、コーティング層8のあるサーミスタ7bをそれぞれ2個ずつ用意し有孔ケース11aと無孔ケース11bを被せることにより、図1(b)において、コーティング層8を有する第1の検出素子1aと第1の参照素子2aからなる第1の検出部13aと、コーティング層なしの第2の検出素子1bと第2の参照素子2bからなる第2の検出部13bが形成される。なお第1、第2の検出部13a、13bはプリント基板14上にピン10の一端が半田付けされ電気的、機械的に接続される。

30

## 【0015】

第1、第2の検出部13a、13bは図1(a)、(b)に示すように互いにケースの先端が対向するように回路基板15に固定される。回路基板15は外周が六角形状の容器16に収納される。

## 【0016】

ガス導入口17には焼結金属製のフィルター18がはめ込まれている。これは外周が円形でちょうど傘を開いた形状をしており、その頂点が容器外部に突出するように配してある。被検出ガスに水蒸気が含まれた場合、温度環境によっては容器16の内部で結露してしまう可能性があるため、プリント基板14や回路基板15全体を防湿樹脂25で保護するとともに、フィルター18および有孔ケース11aの表面を親水処理することにより結露水を速やかに容器16から排出できる構成としている。ガス導入口17を大地方向に向けることによりフィルター18の頂点部分が最下端となり、結露水が排水されやすくなる。

40

## 【0017】

フィルター18および有孔ケース11aの表面親水処理について説明する。フィルター18と有孔ケース11aを酸処理して表面に凹凸を設けることにより結露水の接触角を低減でき結露水の排出に効果がある。また親水層としての酸化チタン層を表面に形成した場合も結露水は容易に排出される。なお酸化チタン層を設ける場合はアナターゼ型結晶構造を

50

有する方がルチル型よりも親水性が優れていた。また酸化チタン層の膜厚はあまり薄いと効果がなく、厚いと酸化チタン層の形成に手間がかかるということから  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $1 \mu\text{m}$  以下が必要十分の膜厚である。

#### 【0018】

酸化チタンは紫外線照射により親水効果を発揮するのが一般的であるが、本実施の形態のガスセンサは必ずしも紫外線が照射される環境ではない。しかし発明者らの検討では、サーミスタ7a、7bを駆動することにより発生する熱が第1、第2のケース11a、11bに伝わり、さらにフィルター18まで伝わって、この熱エネルギーにより酸化チタン層の親水性が得られ、結露水が容易に排出されることを確認した。

#### 【0019】

酸化チタン層は一般的なゾルゲル法を用いて形成した。一般的にチタン含有有機錯体溶液は経時的に粘度が上昇するため、フィルター18の焼結金属中に含浸させることが困難であった。そこで図4に示すようにフィルター18を筒19の先端に挿入し、適量のチタン含有有機錯体溶液20を筒19に注ぎ、ピストン21で加圧することにより焼結金属のフィルター18中に含浸させた。フィルター18を通りぬけたチタン含有有機錯体溶液20は受け皿22で回収される。なお減圧下でチタン含有有機錯体溶液を焼結金属製のフィルターに含浸させる方法もあるが、この方法ではチタン含有有機錯体溶液中の有機溶剤が揮発して高粘度になるため、効果的に酸化チタン層を設けることはできなかった。

#### 【0020】

図1(a)、(b)において、容器16の回路基板15の上部には、あらかじめ取り出しケーブル23を通した容器フタ24がはめ込まれ、耐湿樹脂25を容器フタ24に設けた注入口(図示せず)から回路基板15と容器フタ24の間の空間全体に注入、硬化した後、容器16と容器フタ24をかしめて固定される。

#### 【0021】

このようにして完成したガスセンサは、容器16の外周の一部に設けたネジ部26でガス濃度を検出する部位に固定される。なお配管中のガス濃度を検出する場合は、図5に示すように配管の一部にガスセンサの取付部材28を設け、この部分にネジ部26をねじ込むことによってガスセンサを固定する。これにより配管27の本流から上方にガス導入口17を配することができ、本流のガス速度の影響を低減することができる。

#### 【0022】

次に固体高分子膜型の燃料電池システムについて説明する。図6において水素タンク51に蓄えられた水素は遮断弁52を通過して水素加湿器53に導入される。ここで燃料電池内の固体高分子膜が乾燥するのを防ぐため水素は加湿される。加湿された水素は燃料電池スタック54の水素極側に導入される。一方、コンプレッサ55により加圧された空気は空気加湿器56で加湿され、燃料電池スタック54の空気極側に導入される。これら水素と空気中の酸素の反応により燃料電池スタック54は電気を発生し、太線で示したように燃料電池制御回路57を経て外部に電力を供給する。反応の結果生成した水は空気と一緒に燃料電池スタック54から外部へ排出される。

#### 【0023】

このような燃料電池システム50は全体が筐体58内に収納されている。筐体58の中には、図6にて黒丸で示したように、水素タンク51の近傍、燃料電池スタック54の近傍、燃料電池スタック54の空気極側出口配管61の一部に水素漏洩を検知するためのガスセンサが配される。もしいずれかのガスセンサが水素漏洩を検知すれば、燃料電池制御回路57は遮断弁52を閉じ、警報器59と換気扇60を動作させ、燃料電池システム50を停止するように制御する。具体的な制御動作についてはフローチャートを用いて後述する。

#### 【0024】

次に燃料電池自動車について説明する。図7において、自動車の本体101は乗車空間102と、水素タンク収納空間103と、駆動手段収納空間104と、床下空間105が、それぞれ分離された空間として形成されている。水素タンク収納空間103には水素を貯

10

20

30

40

50



蔵するタンク106が設けられ、このタンク106は衝突時における水素漏洩に対する安全性を確保するため、外側タンク107と内側タンク108からなる二重構造となっており、内側タンク108に水素が貯蔵されている。駆動手段収納空間104には自動車の本体101を駆動するモーター109が設けられている。床下空間105には燃料電池110が設けられている。

#### 【0025】

大気中の空気とタンク106から供給された水素が、床下空間105に設けられた燃料電池110の中で反応して電気が発生、その電気がモーター109に供給されてタイヤ111を駆動するようになっている。なお、タイヤ111の操舵方向は乗車空間102の中からハンドル112で行うようになっている。このような自動車において、乗車空間102に設けたガスセンサ113は乗車空間102の中で最も上部にあたる天井前部に、水素タンク収納空間103に設けたガスセンサ113は外側タンク106の最上部に、駆動手段格納空間104に設けたガスセンサ113は駆動手段格納空間104の中で最も上部にあたるボンネット後端部に、床下空間105に設けたガスセンサ113は床下空間105の最上部に、それぞれ配置している。さらに図示していないが、燃料電池110の空気極側出口の配管の一部にもガスセンサを配している。

#### 【0026】

乗車空間102、水素タンク収納空間103、駆動手段格納空間104、床下空間105に配置されたガスセンサ113のいずれかが水素漏洩を検知すると、図6で説明したように水素供給源を遮断し、警報および換気を行う。

#### 【0027】

乗車空間102内に設けたガスセンサ113は湿度や温度も検知できるので、通常は乗車空間102内が最適な温湿度になるように乗車空間102の一部に設けたエアコンを制御している。具体的な制御動作についてはフローチャートを用いて後述する。

#### 【0028】

以上に述べたガスセンサは、燃料電池システムと自動車のいずれかに取り付けられる場合でも図5のようにガス導入口17が大地方向になるように配置されている。水素は空気より軽く漏れた水素は上方に流れるので、ガス導入口17が下を向いているので素早く水素を取り込むことができる。またガスセンサ内に結露による水が溜まっても、ガス導入口17に設けたフィルター18を通して重力により排出され、ガスセンサ内部に結露した水が残存しにくい構造となっている。

#### 【0029】

次にガスセンサの動作について説明する。図8において第1の検出素子1aおよび第1の参照素子2aには、それぞれ直列に第1の固定抵抗29が接続されてブリッジ回路を形成している。同様に第2の検出素子1bおよび第2の参照素子2bにもそれぞれ直列に第2の固定抵抗30が接続されてブリッジ回路を形成している。第1、第2の固定抵抗29、30は150Ω、1/2Wのものをを用いた。両ブリッジ回路には出力電圧8Vの直流電源31が接続されている。

#### 【0030】

第1、第2の検出素子1a、1bおよび第1、第2の参照素子2a、2bの両端電圧、すなわちブリッジ出力の電圧がマイクロコンピュータ32に入力される。マイクロコンピュータ32は、マイクロコンピュータ32に接続されたメモリー33に記憶されたデータを基に後述する演算を行い水素濃度、湿度、温度をそれぞれ出力する。

#### 【0031】

図1(a)、(b)において被検出ガスはガス導入口17に設けたフィルター18を通過して第1、第2の検出部13a、13bに到る。第1、第2の検出素子1a、1bにはそれぞれ孔12が設けられているので、被検出ガスは孔12を通過して図3のサーミスタ7a、7bに到る。サーミスタ7a、7bには電流が流れ一定温度に加熱されているが、被検出ガス中に水素や水蒸気があると、その濃度に応じて被検出ガスの熱伝導度が変わり熱が奪われるため、サーミスタ7a、7bの温度が変化する。この変化は第1、第2の検出素子

10

20

30

40

50



1 a, 1 b の両端電圧の変化として図 8 のマイクロコンピュータ 3 2 に入力される。

【0032】

図 3 にもどり、第 1、第 2 の参照素子 2 a, 2 b には孔がなく被検出ガスがサーミスタ 7 a, 7 b には到らない。従って第 1、第 2 の参照素子 2 a, 2 b の両端電圧は被検出ガスにより変化することではなくガスセンサ内部の温度に応じた電圧を出力し続ける。従って後述する各ブリッジ回路の差動出力は周囲温度を補正した値に相当する。また第 1、第 2 の参照素子 2 a, 2 b の両端電圧はガスセンサ内部の温度データとして図 8 のマイクロコンピュータ 3 2 に入力される。マイクロコンピュータ 3 2 は上記の電圧値を基に、水素温度、湿度、温度を演算してそれぞれ出力する。

【0033】

10

次にマイクロコンピュータ 3 2 内で行われる演算方法について説明する。ガスセンサ作製時にメモリー 3 3 に記憶される補正データは以下のように作成される。

【0034】

まず乾燥空気中における水素濃度変化に対する両ブリッジ回路の差動出力を求める。その結果を図 9 (a)、(b) に示す。図 9 (a) は第 1 の検出素子 1 a 側の差動出力を求めたものであり、横軸に水素濃度を、縦軸に第 1 の検出素子 1 a の両端電圧と第 1 の参照素子 2 a の両端電圧の差すなわち差動出力を表し d V 1 で示す。ここで d V 1 はマイクロコンピュータ 3 2 内で各両端電圧から差を取って求めた。第 1 の参照素子 2 a の出力は被検出ガス濃度によらず、周囲温度を表すことになるため差動出力は第 1 の検出素子 1 a の温度補正をした出力に相当する。図 9 (a) から差動出力 d V 1 は水素濃度に比例して大きくなる。同様に図 9 (b) は第 2 の検出素子 1 b 側の水素濃度に対する差動出力を求めたものでこの差動出力 d V 2 も水素濃度に比例して大きくなる。

20

【0035】

図 9 (a)、(b) の出力は一次直線関係で表されるように見えるが、実測データを詳細に検討したところ三次曲線近似が最も精度が高いことがわかった。すなわち水素濃度 x (%) と差動出力 d V (m V) の関係は、一般に、

【0036】

【数 1】

$$dV = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

30

【0037】

の 3 次方程式で表すことができた。

【0038】

(数 1) に基づいて、図 9 (a)、(b) から差動出力 d V 1、d V 2 をそれぞれ水素濃度 x (%) における関数として表すと以下ようになった。

【0039】

【数 2】

$$dV1 = 0.46x^3 - 1.88x^2 + 8.455x - 96.6$$

【0040】

40

【数 3】

$$dV2 = 0.875x^3 - 3.3125x^2 + 14.008x + 109.29$$

【0041】

ここで各式におけるパラメータ a, b, c, d の決定には最小二乗法を用いた。

【0042】

(数 2)、(数 3) を比較するとパラメータ a, b, c, d の値が相互に異なっており、両者で水素濃度感度が異なる。これは図 2 のサーミスタのコーティング層 8 の有無による素子発熱特性の差に起因するものと推測される。

【0043】

50

次に空気中で湿度を変化させた時の両方のブリッジ回路の差動出力を求める。その結果を図10(a)、(b)に示す。図10(a)は第1の検出素子1a側の差動出力を求めたものであり、横軸に相対湿度(比例値で100%を1としている)を、縦軸に差動出力dV1を示す。図10(a)より、差動出力dV1は湿度に比例して大きくなることがわかる。同様に図10(b)は第2の検出素子2b側の差動出力を求めたもので、差動出力dV2も湿度に比例して大きくなる。

【0044】

これらの出力は二次曲線の関係で表されるように見えるが、実測データを詳細に検討したところ三次曲線近似が最も精度が高いことがわかった。すなわち湿度y(比)と差動出力dV(mV)の関係は、(数4)の3次方程式で表すことができた。

【0045】

【数4】

$$dV = ey^3 + fy^2 + gy + h$$

【0046】

(数4)に基づいて、図10(a)、(b)から差動出力dV1、dV2をそれぞれ湿度yにおける関数として表すと(数5)、(数6)のようになる。

【0047】

【数5】

$$dV1 = 10.921y^3 - 53.35y^2 + 40.317y - 96.6$$

【0048】

【数6】

$$dV2 = 65.498y^3 - 119.18y^2 + 73.201y + 109.29$$

【0049】

ここで(数5)、(数6)におけるパラメータe, f, g, hの決定には最小二乗法を用いた。(数5)、(数6)を比較するとパラメータe, f, g, hの値が相互に異なり、両方で湿度感度が異なることがわかる。これはサーミスタのコーティング層8の有無による素子吸湿特性の差に起因するためと推測される。

【0050】

本実施の形態のガスセンサを水素漏洩検知に用いる場合、その検出濃度上限は爆発限界以下(4%以下)でなければならない。本実施の形態では安全をみて爆発限界の約半分である2%までを検出濃度上限とした。この場合に、水蒸気を含む空気中に水素を共存させた時の差動出力dV1、dV2は、乾燥空気中に水素が存在した時の出力と、水蒸気のみ存在した時の出力の和で表されることを実測により確認した。すなわち水素が2%程度までであれば、水素および水蒸気による熱伝導度は、両者が単独で存在する時の熱伝導度の和で表されることになる。

【0051】

従って水蒸気のある空気中に水素が存在する時の差動出力dVは、一般に(数1)と(数4)の和、すなわち以下の(数7)で表される。

【0052】

【数7】

$$dV = ax^3 + bx^2 + cx + ey^3 + fy^2 + gy + d$$

【0053】

これより乾燥空気中に水素が存在した時の出力特性(数1)と、水蒸気のみ存在した時の出力特性(数4)は独立関数として扱ってよいことがわかった。なお(数1)および(数4)における切片d, hはx=0, y=0(乾燥空気中)の出力であるため、本質的に等しいことから、(数7)ではdを代表値とした。

10

20

30

40

50

【0054】

以上から、各差動出力  $dV1$ 、 $dV2$  の一般式は（数7）から次のようになる。

【0055】

【数8】

$$dV1 = 0.46x^3 - 1.88x^2 + 8.455x \\ + 10.921y^3 - 53.35y^2 + 40.317y - 96.6$$

【0056】

【数9】

$$dV2 = 0.875x^3 - 3.3125x^2 + 14.008x \\ + 65.498y^3 - 119.18y^2 + 73.201y + 109.29$$

【0057】

（数8）、（数9）から明らかなように、 $dV1$ 、 $dV2$  は互いに水素濃度感度、湿度感度が異なり、また  $dV1$ 、 $dV2$  の値は各差動出力から求められるため、両式を連立させた時の解（ $x$ 、 $y$ ）から水素濃度、湿度を独立して求めることができる。しかし（数8）、（数9）はともに3次方程式なので上記の2元連立3次方程式の解は一般に複数個存在する。

【0058】

そこで、以下に述べる近似手法を用いて  $x$ 、 $y$  を得ることができる。前述したように、検出する水素濃度上限は2%なので、 $x$  の範囲は0~2%、湿度は相対湿度で0~100%なので比例値で表せば  $y$  は0~1、従ってこれらの数値範囲内に限定して解を求めればよい。

【0059】

次に上記  $x$ 、 $y$  の範囲内で、ガスセンサとしての出力分解能を決める。本実施の形態では  $x$ 、 $y$  とも0.01とした。これにより、水素濃度は0.01%、相対湿度は1%の分解能で出力を得ることができる。この結果、水素濃度範囲の0~2%に対しては200等分、湿度範囲に対しては100等分の分割を行うことになる。なお分解能をあまり大きくしすぎると、以下に述べる近似計算において誤差が大きくなるので少なくとも100等分は必要である。逆にあまり小さくしすぎると精度は上がるものの計算時間がかかりすぎ、応答性が損なわれる可能性がある。発明者らの検討ではおよそ100から200等分程度が妥当であった。

【0060】

上述したように水素濃度  $x$ （%）の範囲は0~2%で分解能を0.01%、相対湿度（比） $y$  の範囲は0~1で分解能を0.01としたので、これらの範囲において、各  $x$ 、 $y$  の組み合わせによる差動出力  $dV1$ 、 $dV2$  の計算値（以下  $dV1c$ 、 $dV2c$  と表す）を（数8）、（数9）より求める。すなわち  $x=0$ 、 $y=0$  のときの  $dV1c$  と  $dV2c$ 、 $x=0.01$ 、 $y=0$  のときの  $dV1c$  と  $dV2c$ 、 $x=0.02$ 、 $y=0$  のときの  $dV1c$  と  $dV2c$  というように順次（ $x$ 、 $y$ ）の値を代入し  $dV1c$ 、 $dV2c$  の値を求める。その結果は表としてあらかじめメモリー33に記憶しておく。本実施の形態では  $20 \times 100 = 2000$  組の  $dV1c$  と  $dV2c$  の計算結果表が記憶されている。以上のようにしてガスセンサ作製時にあらかじめ補正データを記憶する。

【0061】

次にガスセンサを動作させた時の計算方法を述べる。ガスセンサ動作時には、 $dV1$ 、 $dV2$  の実測値（以下  $dV1m$ 、 $dV2m$  と表す）が得られるので、これらを上記の計算結果表と対比参照して、最も近接する  $dV1c$ 、 $dV2c$  を与える（ $x$ 、 $y$ ）を求める。これらが（数8）、（数9）で表される2元連立3次方程式の近似解となり、水素濃度、湿度を求めることができる。

10

20

30

40

50

## 【0062】

ここで、実測値と計算値の最も近接する組み合わせを判断する方法として、理論的には  $dV1$ 、 $dV2$  を  $x-y$  平面に対応させ、座標 ( $dV1m$ 、 $dV2m$ ) と座標 ( $dV1c$ 、 $dV2c$ ) の距離が最小になる組み合わせを選択すればよい。 $x-y$  平面上の2点間の距離  $r$  はピタゴラスの定理により (数10) で表される。

## 【0063】

【数10】

$$r = \{(dV1m - dV1c)^2 + (dV2m - dV2c)^2\}^{0.5}$$

10

## 【0064】

実測値と計算結果表の計算値を (数10) に順次代入、比較することにより  $r$  の最小値が求められるが、(数10) は二乗や平方根といった計算が必要で、この計算を20,000組の  $dV1c$ 、 $dV2c$  に対して実行するのはマイクロコンピュータ32にとって負担となりガスセンサとしての応答性が遅くなる可能性がある。

## 【0065】

(数10) の大小を比較するだけであれば平方根を計算することは不要である。さらに二乗項についても、実測値と計算値の差の絶対値が小さければ二乗した値も小さくなるため、差の絶対値を求めれば二乗を計算する必要はない。従って距離  $r$  に代わる近接判定パラメータ  $p$  として、(数11) という単純な加減演算からなる式を考案した。

20

## 【0066】

【数11】

$$p = |dV1m - dV1c| + |dV2m - dV2c|$$

## 【0067】

この式によって  $p$  の最小値を得る  $dV1c$ 、 $dV2c$  を与える ( $x$ ,  $y$ ) を求めることができる。このようにして二乗や平方根といった計算が不要になり演算速度向上、ひいてはガスセンサの応答性向上を図ることができる。

## 【0068】

以上の計算手法はマイクロコンピュータ32にプログラムされており、ガスセンサ動作時に得られる  $dV1m$ 、 $dV2m$  が入力されると、(数11) の計算を行い水素濃度、湿度を出力するようになっている。

30

## 【0069】

このようなガスセンサを実際に動作させた時の出力について図11(a)、(b)を用いて説明する。実験は相対湿度が約40%の空気に気体の水素を0%→0.4%→0.8%→1.6%→0.8%→0.4%→0%の順に切り替えて流したときのガスセンサの出力 ( $x$ ,  $y$ ) を求めた。

## 【0070】

ガスセンサの出力結果を図11(a)に示す。横軸は測定の経過時間(秒)で、10分すなわち600秒ごとに水素濃度を切り替えた。縦軸は各ブリッジ回路より得られた差動出力  $dV1m$ 、 $dV2m$  から上記計算方法に基づいて計算した水素濃度(%)である。図11(a)より、水素濃度の切替に対しガスセンサは応答性よく出力が変化しており、その出力と実際の水素濃度との差はガスセンサ起動時の変動を除くと約0.05%以下で精度も良好である。

40

## 【0071】

次に湿度出力の結果を図11(b)に示す。横軸は測定の経過時間(秒)で、縦軸は相対湿度(%)である。なお図中、実線は計算結果を、破線はガスセンサ近傍に設けた湿度計測器で測定した被検出ガスの相対湿度実測値である。図11(b)より、計算値と実測値の誤差はガスセンサ起動時の変動を除くと約5%フルスケール以下であり、後述するよう

50

に自動車の乗車空間内のエアコン制御等に用いる場合は十分な精度が得られる。さらに図 11 (a) に示したように測定中に水素濃度が大きく変動したにもかかわらず、湿度出力計算値は変動がなく、水素濃度に影響されずに精度よく湿度を測定している。

#### 【0072】

以上の結果から、本実施の形態のガスセンサは水素濃度と湿度を独立して精度よく検出できることが明らかになった。

#### 【0073】

なお、ガスセンサからの温度出力は、第1、第2の参照素子 2 a, 2 b のサーミスタ 7 a, 7 b、両方から得られた温度を平均して出力するようにしている。

#### 【0074】

次に本実施の形態のガスセンサを用いた燃料電池システムおよび自動車のガスセンサ出力による制御動作について説明する。燃料電池システムについては、燃料電池システム全体の動作を司るソフトウェア（以下メインルーチンという）の実行中に、一定時間毎割り込みにより水素濃度検出を行う場合について説明する。図 12 はそのサブルーチンを示す。なおこのサブルーチンは燃料電池システム動作ソフトウェアの一部に書き込まれている。

#### 【0075】

メインルーチンの割り込み発生により図 12 のサブルーチンにジャンプしてくると、まずガスセンサの水素濃度出力値を読み込む (S1)。この場合、図 6 に示したように燃料電池システムには複数個のガスセンサを設けて水素漏洩を監視しているので、全てのガスセンサの出力を順次読み込む。次にガスセンサの水素濃度出力が既定値（例えば 2 %）を超えたか否かを順次判定する (S2)。もしどの出力も既定値を超えていなければ、そのままメインルーチンに復帰する (S2 の n o)。既定値以上の出力が 1 つでもあれば (S2 の y e s)、直ちに燃料電池を停止するように制御する。具体的には図 6 の燃料電池システムであれば、まず燃料供給側の遮断弁 52 を閉じ (S3)、筐体 58 内に漏れた水素を大気へ開放するために換気扇 60 を駆動する (S4) とともに、水素漏洩の事実を知らせるために警報器 59 を起動する (S5)。その後、水素漏れフラグを ON にして (S6) メインルーチンに復帰する。メインルーチンでは水素漏れフラグにより燃料電池を安全に停止するようシステムを制御する。

#### 【0076】

次に自動車について説明する。この場合も燃料電池システムと同様に、メインルーチン実行中に一定時間毎割り込みにより水素濃度、湿度、温度検出を行う場合について説明する。図 13 はその際のサブルーチンを示す。メインルーチンの割り込み発生により図 13 のサブルーチンにジャンプしてくるとまず、各ガスセンサの水素濃度出力値を読み込む (S7)。次に乗車空間 102 内に設けたガスセンサについては、同時に湿度、温度出力を読み込み (S8)、湿度、温度をメインルーチンが参照する記憶領域に保存する (S9)。次にガスセンサの水素濃度出力が既定値（例えば 2 %）を超えたか否かを順次判定する (S10)。もしどの出力も既定値を超えていなければ、そのままメインルーチンに復帰する (S10 の n o)。メインルーチンでは記憶領域に保存された乗車空間 102 内の現在の湿度、温度データをエアコン制御ソフトウェアに渡す。エアコン制御ソフトウェアは受け取った湿度、温度データを基に、乗車空間 102 内がユーザーの設定値を基準とした最適な温湿度になるようにエアコンを制御する。

#### 【0077】

一方、既定値以上の水素濃度出力が 1 つでもあれば (S10 の y e s)、直ちに燃料電池を停止するように制御する。具体的には、まず燃料供給側の遮断弁を閉じ (S11)、乗車空間 102 内に漏れた水素を大気へ放出するためにエアコンを外気導入にするとともに最大風量で駆動し (S12)、水素漏洩の事実を運転手に知らせるために警報器を起動する (S13)。その後、水素漏れフラグを ON にして (S14) メインルーチンに復帰する。メインルーチンでは水素漏れフラグにより燃料電池を安全に停止するようシステムを制御する。以上の制御動作を行うことにより、燃料電池システムや自動車から水素が漏洩しても安全に停止することができ、さらには自動車の乗車空間のエアコン制御も同時に実

10

20

30

40

50

現できる。

【0078】

次に本発明の特徴部分について列挙する。

【0079】

1. 第1のサーミスタ7aを乾燥空気とともに第1の無孔ケース11bに密閉した第1の参照素子2aと、第2のサーミスタ7aを第1の有孔ケース11aに入れた第1の検出素子1aと、第1のサーミスタ7aと温度-抵抗値特性が略同じで吸湿特性のみが異なる第3のサーミスタ7bを第1の無孔ケース11bと略同じ形状の第2の無孔ケース11bに乾燥空気とともに密閉した第2の参照素子2bと、第4のサーミスタ7bを前記第1の有孔ケース11aと略同じ形状の第2の有孔ケース11aに入れた第2の検出素子1bを有し、第1の参照素子2aと第1の検出素子1aを用いて第1のブリッジ回路を構成し、第2の参照素子2bと第2の検出素子1bを用いて第2のブリッジ回路を構成し、これら第1、第2のブリッジ回路の差動出力からガス濃度を電気的に出力する構成としている。すなわち吸湿特性の異なる二種類の検出素子1a, 1bを用いることにより、水素と水蒸気が混合した場合でも、双方の検出素子1a, 1bへの水蒸気の吸着量は異なりサーミスタ7a, 7b近傍の熱放散が異なってくるので、この差異から水蒸気の影響を実質的に受けることなく水素量を検出することが可能である。

10

【0080】

2. サーミスタ7a, 7bの形状が異なるのでサーミスタ7a, 7bを球と考えた場合、球の表面積はその直径の二乗に比例するので、例えば直径を各組において20%の差を設けるとサーミスタ7a, 7bの表面積は1.44倍(1.2の二乗)になり、その分多くの水蒸気がサーミスタ7a, 7bの表面に吸着され、極めて簡単な構成でサーミスタ7a, 7bの吸湿特性の差異を得ることができるといふ効果が得られる。

20

【0081】

3. コーティング層8の比表面積が異なっているので、水蒸気の吸着量が異なり、サーミスタ7a, 7bの吸湿特性の差異を容易に得ることができるといふ効果が得られる。

【0082】

4. コーティング材料として懸濁液として供給される無機材料を用いるので、リード線5を取り付けたサーミスタ7a, 7bのように表面が複雑な凹凸を有する形状のものでも全面に塗布することができ、さらに150℃程度の低温で硬化させることができるため、極めて容易にかつ確実にコーティング層8を形成できるといふ効果が得られる。

30

【0083】

5. 多孔質の無機材料をコーティング層8として用いているので、コーティング層8の表面積が飛躍的に大きくなり、大きな吸湿特性の差異を与えることができるといふ効果が得られる。

【0084】

6. コーティング層8としてガラスを用いサーミスタ7a, 7bのコーティング層8の厚みに差異をもたせることにより、コーティング層8の表面積を変えて容易に吸湿特性の差異を与えることができるといふ効果が得られる。

【0085】

7. 検出素子1a, 1b、参照素子2a, 2bは容器16の中で対向させて配する構成としたので、導入された被検出ガスは同じタイミングで各検出部13a, 13bに到達するため、各検出部13a, 13bの出力に時間的ずれがなくなり高精度に検出できるといふ効果が得られる。

40

【0086】

8. 検出素子1a, 1b、参照素子2a, 2bの断面長手方向がガス導入口17に対し垂直方向に配する構成としたのでガスがスムーズに流れ、各検出部13a, 13bの温度が互いの発熱による影響を受けにくくなり、検出精度が向上するという効果が得られる。

【0087】

9. ガス導入口17に焼結金属製のフィルター18を設けたので、導入された被検出ガス

50

の流量が変化してもフィルター18の中で整流され、被検出ガス流量によるガスセンサ出力への影響を低減できるという効果が得られる。

【0088】

10. フィルター18は開いた傘の形状をしており、フィルター18の頂点が容器16の外部に突出するように配する構成としたので、結露した水がフィルター18の頂点部分に導かれ、検出部13a, 13bへの結露水付着を防ぐことができるという効果が得られる。

【0089】

11. フィルター18および容器16に親水処理を施したので、フィルター18や容器16の表面に結露水が付着しても、水との接触角が小さくなり流れやすくなるため結露水によるガスセンサの特に湿度出力への誤差を低減でき、かつ結露水によるガスセンサ構成部材への腐食を防ぐことが可能で、信頼性が向上するという効果が得られる。

10

【0090】

12. 親水処理としてフィルター18およびケース表面を酸処理して凹凸を設ける構成としたので、フィルター18の内部といった極めて複雑な表面であっても酸溶液に浸漬するだけで極めて容易に、かつ効果的に親水処理を施すことができるという効果が得られる。

【0091】

13. 親水処理として酸化チタン層を設ける構成としたので、結露の初期の段階から結露水の付着を防止でき、結露しやすい配管内にガスセンサを設置するような厳しい環境下でも効果的に結露水を除去できるという効果が得られる。

20

【0092】

14. 酸化チタン層はアナターゼ型結晶構造を有する構成としたので、サーミスタの熱エネルギーである程度の励起状態にできるため、親水効果をさらに高めることができるという効果が得られる。

【0093】

15. 酸化チタン層の膜厚は0.1  $\mu\text{m}$ 以上1  $\mu\text{m}$ 以下としたため、酸化チタン層が剥離せずに結露水の付着を防止できるという効果が得られる。

【0094】

16. チタン含有有機錯体溶液を加圧して焼結金属製のフィルター18に含浸させて酸化チタン層を設けたので、粘度の高いチタン含有有機錯体溶液をフィルター18の複雑な表面にまんべんなく含浸させることができ、容易に酸化チタン層を設けることができるという効果が得られる。

30

【0095】

17. あらかじめ求めた2つの検出部13a, 13bそれぞれの乾燥空気中の水素濃度依存出力と、空気に対する湿度依存性出力とから、加湿空気中の水素濃度および湿度を求めるので、水素と湿気が混じった空気においても、両者を分離して各々の濃度を測定できるという効果が得られる。

【0096】

18. 加湿空気中の水素濃度と湿度は、各検出部13a, 13bの乾燥空気中の水素濃度依存性出力および空気に対する湿度依存性出力を、それぞれ3次近似した時の両者の定数項を除く和と、乾燥空気中の水素濃度依存性出力の定数項との和で表される3次方程式を各検出部について求め、両者の連立方程式の解として得るようにしたので水素濃度と湿度を高精度に計算できるという効果が得られる。

40

【0097】

19. 連立方程式の解は、検出水素濃度範囲と検出湿度範囲における温度ごとにあらかじめ求めた各検出部の3次方程式の計算結果表を参照し、各検出部13a, 13bのブリッジ回路の差動出力が前記計算結果表と最も近接する場合の水素濃度および湿度として求めるので、都度3次方程式を計算する必要がなくなり、素早く検出濃度を計算でき、ガスセンサとして応答性が向上するという効果が得られる。

【0098】

50



20. 各検出部13a, 13bのブリッジ回路の各々の差動出力と計算結果の最も近接する状態は、各検出部13a, 13bについてそれぞれ差動出力と計算結果の差の絶対値を求め、両者の和が最小となる状態としたので、二乗の和の平方根をとるというような複雑な計算ではなく簡単な計算で近接状態を知ることができるため、素早く濃度計算ができるようになり応答性が向上するという効果が得られる。

【0099】

21. 計算結果表は検出水素濃度範囲および検出湿度範囲をそれぞれ少なくとも100等分以上に分割して求めたので、濃度出力分解能をフルスケールの1%以下とすることができ、検出精度が向上するという効果が得られる。

【0100】

22. 温度は各検出部13a, 13bにおける二つの参照素子2a, 2bの平均抵抗値から求めるので、ガスセンサ内部での温度ばらつきがあつた場合でもガスセンサ全体の代表温度が得られ、ばらつきに起因する温度誤差を低減できるという効果が得られる。

【0101】

23. ガスセンサはガス導入口17が大地方向を向くように配されているので、ガスセンサ内部の結露水は重力に従って排出され、極めて容易に結露水を除去できるという効果が得られる。

【0102】

24. ガスセンサは、ガス導入口17が配管の本流より上方になるように配されているので、配管の流量が変動しても直接ガスセンサに導入されないため、流量の影響を低減でき、精度が向上するという効果が得られる。

【0103】

25. 燃料電池を収納した筐体58の一部または燃料電池スタック54の空気極側出口配管の一部に設けられたガスセンサが、燃料電池からの水素ガス漏洩をガスセンサで検知した場合、警報器59を鳴らすと同時に換気扇60を動作させて筐体58の換気を行い、燃料電池を停止するというふうに制御するので、水蒸気を含む被検出ガス中でも水素濃度のみを精度よく検出できるので、水素漏洩に対する安全性が高い燃料電池システム50を構成することができるという効果が得られる。

【0104】

26. 乗車空間102の上部に配されたガスセンサ113が、ガスセンサ113の湿度出力および温度出力に基づいて、乗車空間102が最適な温湿度になるように乗車空間102の一部に設けたエアコンを制御し、ガスセンサ113の水素濃度出力が既定値以上であれば、警報を発し、乗車空間102の換気を行い、水素供給源を遮断するように制御するので、乗車空間内に1つのガスセンサ113を設置するだけで水素漏洩検知のみならず湿度と温度のデータが得られるので、通常はエアコン制御を行い、水素漏洩を検出した時には燃料電池システムを停止するという制御を行うことができ、自動車の安全性、快適性を向上できるという効果が得られる。

【0105】

以上の構成、動作により、水素と水蒸気が共存した環境下において水素濃度と湿度を区別して検出できるガスセンサを得ることができた。

【0106】

【発明の効果】

以上のように本発明は、第1のサーミスタを乾燥空気とともに第1の無孔ケースに密閉した第1の参照素子と、第2のサーミスタを第1の有孔ケースに入れた第1の検出素子と、前記第1のサーミスタと温度-抵抗値特性が略同じで吸湿特性のみが異なる第3のサーミスタを前記第1の無孔ケースと略同じ形状の第2の無孔ケースに乾燥空気とともに密閉した第2の参照素子と、第4のサーミスタを前記第1の有孔ケースと略同じ形状の第2の有孔ケースに入れた第2の検出素子を有し、前記第1の参照素子と前記第1の検出素子を用いて第1のブリッジ回路を構成し、前記第2の参照素子と前記第2の検出素子を用いて第2のブリッジ回路を構成し、これら第1、第2のブリッジ回路の差動出力からガス濃度を

10

20

30

40

50

電氣的に出力するので、被検出ガス中に水蒸気があっても、よく吸湿する方の検出部には水蒸気が吸着してサーミスタ近傍の熱放散が変化し、結果的に両検出部の熱伝導特性に差異が生じ、この差異を計算することによって水蒸気が存在しても水素濃度を検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 (a) 本発明のガスセンサの実施の形態の概略構造を説明する断面図

(b) 同センサの図 1 (a) の X-X' 断面矢視図

【図 2】 (a), (b) はともに同センサのサーミスタの概略構造を説明する断面図

【図 3】 同センサの検出部の構造を説明する概略斜視図

【図 4】 同センサのフィルターへのチタン含有有機錯体溶液含浸方法を説明する概略断面図 10

【図 5】 同センサの配管への取り付け方法を説明する概略断面図

【図 6】 燃料電池システムの概略ブロック図

【図 7】 本発明のガスセンサを用いた燃料電池自動車の概略構造を示す断面図

【図 8】 本発明のガスセンサの実施の形態の回路構成を説明する概略回路図

【図 9】 (a), (b) はともに同センサの乾燥空気下での水素濃度出力特性図

【図 10】 (a), (b) はともに同センサの湿度出力特性図

【図 11】 (a) 同センサの補正計算後の水素濃度出力特性図

(b) 同センサの補正計算後の相対湿度出力特性図

【図 12】 同センサを用いた燃料電池システムにおける動作制御サブルーチンを表すフローチャート 20

【図 13】 同センサを用いた自動車における動作制御サブルーチンを表すフローチャート

【符号の説明】

1 a 第 1 の検出素子

1 b 第 2 の検出素子

2 a 第 1 の参照素子

2 b 第 2 の参照素子

3 サーミスタ素子

4 電極

5 リード線 30

6 ガラス層

7 a, 7 b サーミスタ

8 コーティング層

9 台座

10 ピン

11 a 有孔ケース

11 b 無孔ケース

12 孔

13 a 第 1 の検出部

13 b 第 2 の検出部 40

14 プリント基板

15 回路基板

16 容器

17 ガス導入口

18 フィルター

19 筒

20 チタン含有有機錯体溶液

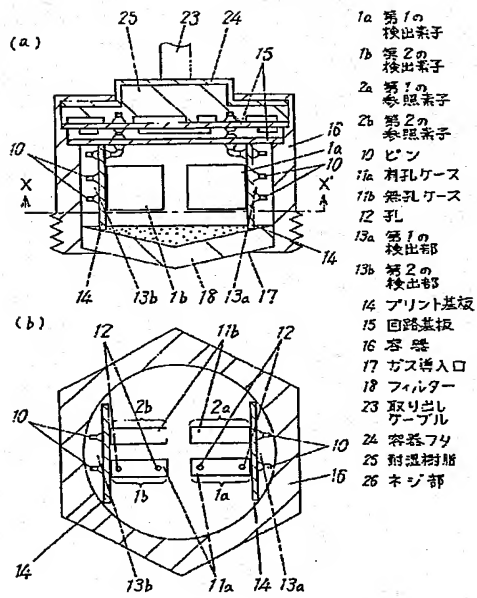
21 ピストン

22 受け皿

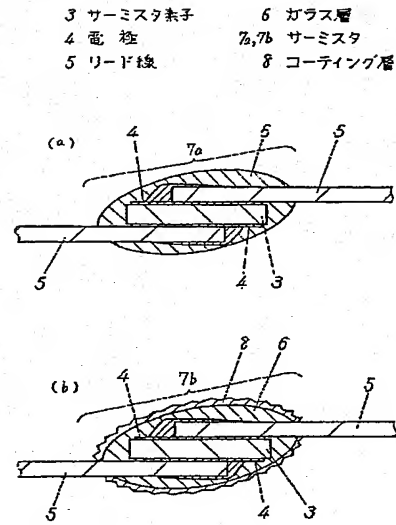
23 取り出しケーブル 50

2 4	容器フタ	
2 5	耐湿樹脂	
2 6	ネジ部	
2 7	配管	
2 8	取付部材	
2 9	第 1 の固定抵抗	
3 0	第 2 の固定抵抗	
3 1	直流電源	
3 2	マイクロコンピュータ	
3 3	メモリー	10
5 0	燃料電池システム	
5 1	水素タンク	
5 2	遮断弁	
5 3	水素加湿器	
5 4	燃料電池スタック	
5 5	コンプレッサ	
5 6	空気加湿器	
5 7	燃料電池制御回路	
5 8	筐体	
5 9	警報器	20
6 0	換気扇	
6 1	空気極側出口配管	
1 0 1	本体	
1 0 2	乗車空間	
1 0 3	水素タンク収納空間	
1 0 4	駆動手段収納空間	
1 0 5	床下空間	
1 0 6	タンク	
1 0 7	外側タンク	
1 0 8	内側タンク	30
1 0 9	モーター	
1 1 0	燃料電池	
1 1 1	タイヤ	
1 1 2	ハンドル	
1 1 3	ガスセンサ	

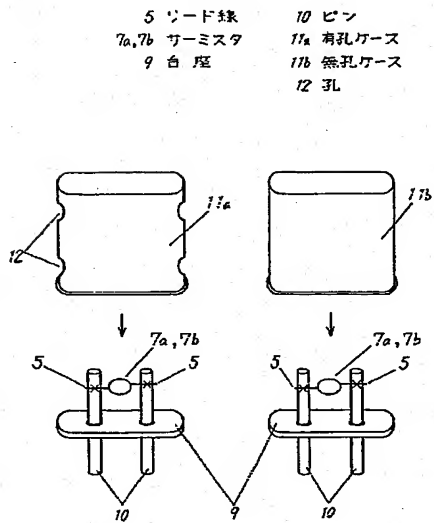
【図 1】



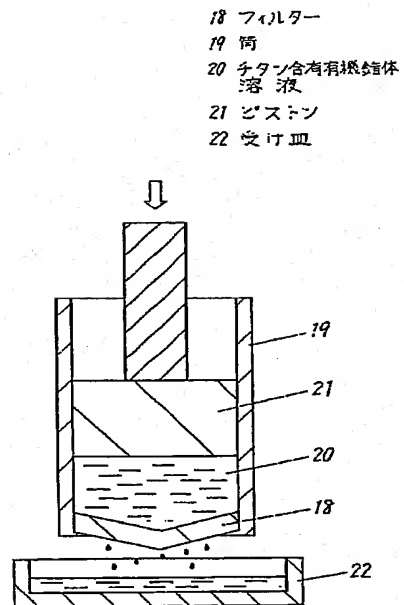
【図 2】



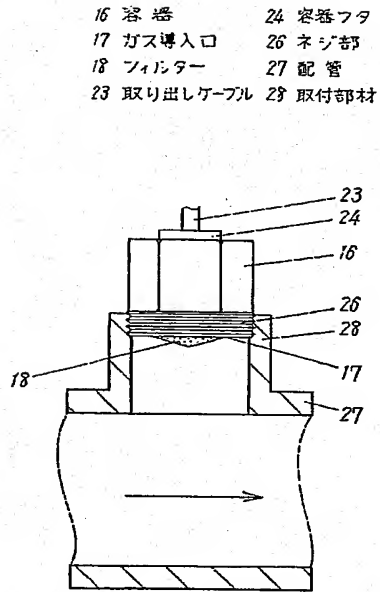
【図 3】



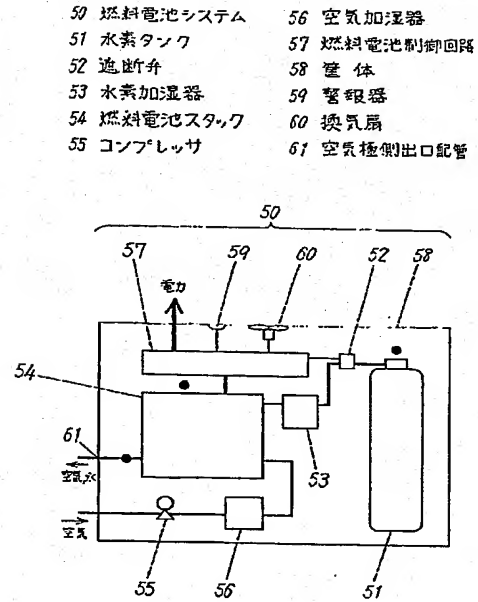
【図 4】



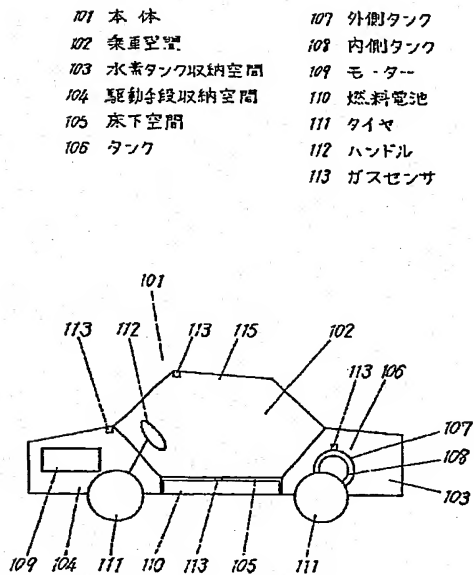
【図 5】



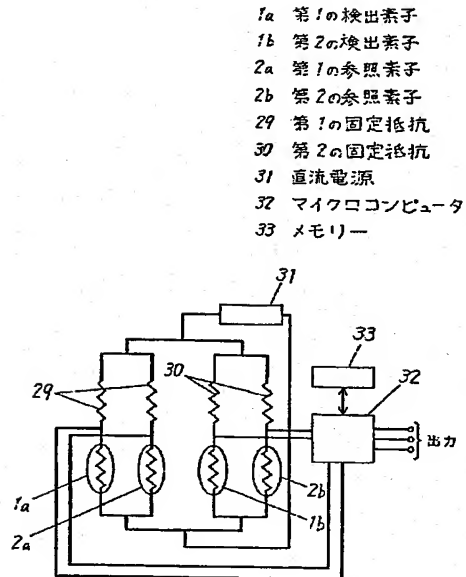
【図 6】



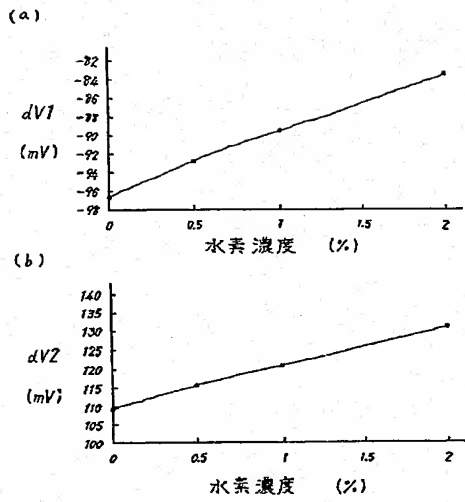
【図 7】



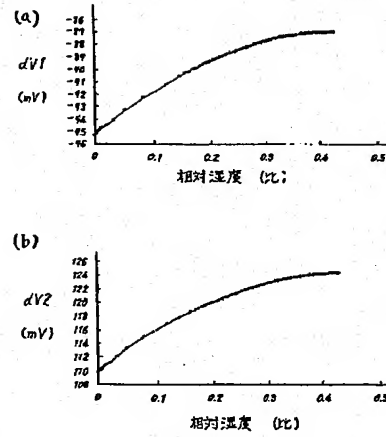
【図 8】



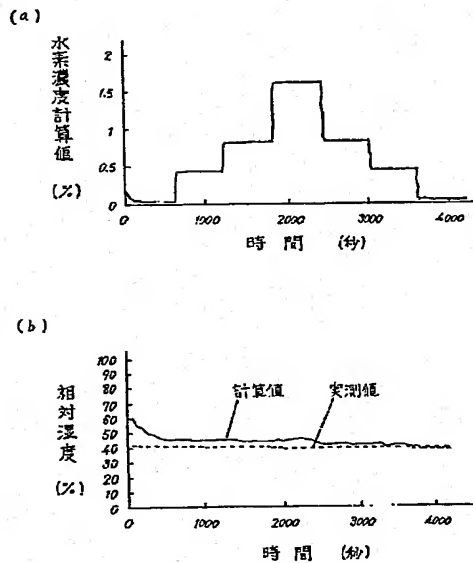
【図 9】



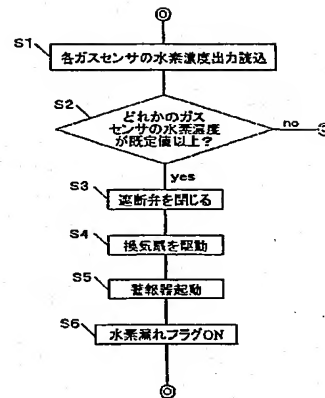
【図 10】



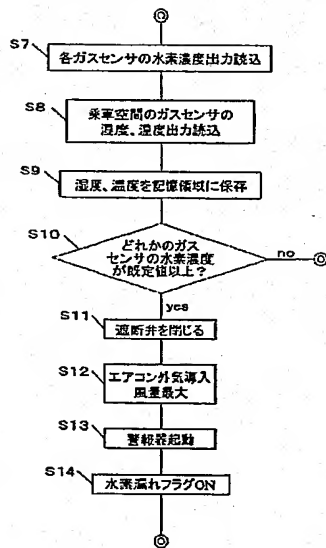
【図 11】



【図 12】



【図13】





---

フロントページの続き

Fターム(参考) 2G060 AA01 AB02 AB03 AE19 AF09 BA05 BB05 BB09 BB13 BB14  
BC02 HA01 HC03 HC08 HC13 HC19 HD03 HD07 HD09 HE02  
KA01  
5H027 AA02 KK31 MM04 MM09 MM20  
5H115 PA08 PC06 PG04 PI18 PU01 QA01 SE06 TO05 TO30 TR19  
TU20 TZ02 TZ07 UB05